

# 자연채광 광원으로서의 천공상태의 추정

*Estimating Sky Conditions as Daylighting Source*

## 1. 머리말

自然採光에 관한 설계나 에너지절약을 해석하기 위해서는 天空狀態를 어떻게 가정할 것인가가 가장 중요한 고려사항이 된다. 즉, 자연채광을 설계하기 위해서는 천공의 최소설계기준이나 혹은 천공의 최저상태를 알아야만 한다. 예를들면, 어떤 사무실의 주광률을 평가한다고 가정하자. 이 경우 주광률(daylight factor) = 실내 임의점의 주광조도 ÷ 전천공조도 × 100(%)의 공식에 따라 전천공조도의 값을 알아야만 주광률을 계산할 수 있다. 그동안 우리는 주광률을 계산할 때 전천공조도의 값을 보통 5,000lx로 가정하는 경우가 일반적이었다.

그러나 5,000lx는 담천공이 많이 나타나는 영국 등 북유럽지역에 적합한 값으로서 우리나라 처럼 청천공과 담천공의 중간인 중간천공이 많이 출현하는 곳에서는 이 값이 타당한지를 검토하여야만 한다. 즉, 전천공조도를 정확하게 알아야 주광률을 정확하게 계산할 수 있으며 주광률 분포를 정확히 자연채광과 관련된 에너지 해석을 할 수가 있다. 따라서 전천공조도를 알기 위해서는 바로 천공상태(Sky Condition)를 알아야만 한다.

CIE 標準曇天空(CIE Standard Overcast Sky)과 標準晴天空(CIE Standard Clear Sky)모델은 바로 이러한 필요에 의해서 개발된 것이다(IES, 1981) 지정학적으로 볼 때 특정한 천공상태가 강하게 나타나는 유럽 일부지역(담천공)이나 건조한 열대지역(청천공)은 한가지 천공상태가

계속적으로 비슷하게 나타난다. 그러나 북미지역이나 한국같은 곳에서는 이러한 標準天空(Standard Sky)이 항상 일정하게 나타나지 않는다.

더구나, 표준화된 천공상태가 실제의 천공상태를 定型的으로 나타내지 못할 경우에는 자연채광의 성능으로서 서광율이나 에너지를 평가하고자 할 때 중요한 취약점이 된다. 이를 보완하기 위하여 시간에 따라 천공의 세기와 휘도분포가 변하는 非標準

天空(Nonstandard Sky)이 연구되고 있다.

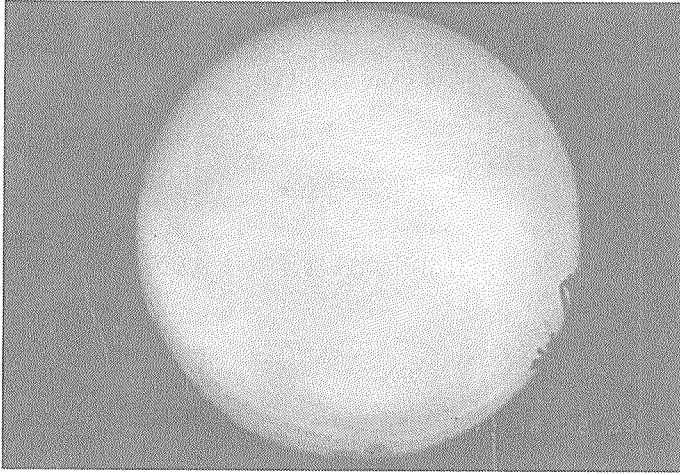
이에 따라서 시간에 따라 변화하는 동적천공상태를 나타낸 모델이 있지만, 동적 천공상태가 갖고 있는 의미와 제한점들을 확실하게 이해하고 사용하여만 한다. 따라서 여기서는 그동안 개발된 자연채광설계용 천공상태의 예측방법을 고찰함으로써, 아직까지 자연채광설계에 적합한 천공상태 모델이 개발되지 않은 우리나라에서 천공상태를 고려할 때 유의해야 할 점을 제시한 것이다.

## 2. 天空의 종류

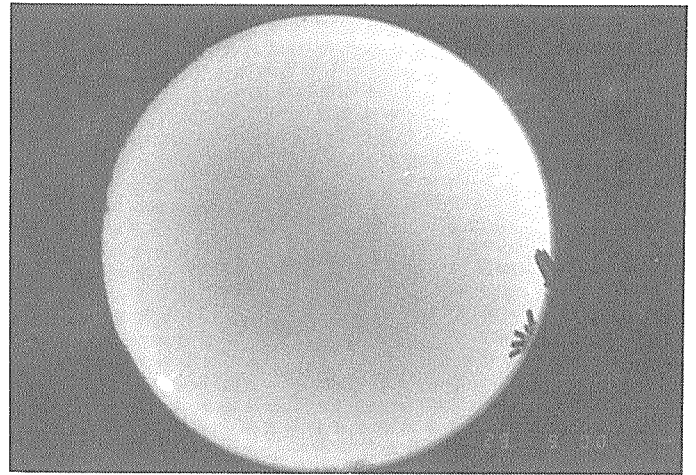
천공은 지구의 공전과 천공상태(구름, 먼지, 오염 등)때문에 항상 변하고 있다. 천공상태는 기본적으로 청천공 Clear Sky;(구름층이 30%미만인 천공), 부분담천공(Partly Cloudy Sky:구름층이 30~70%인 천공), 담천공(Overcast Sky:구름층이 100%로서 태양이 보이지 않는 천공)등 3가지로 분류된다. (그림 1참조)

金正泰

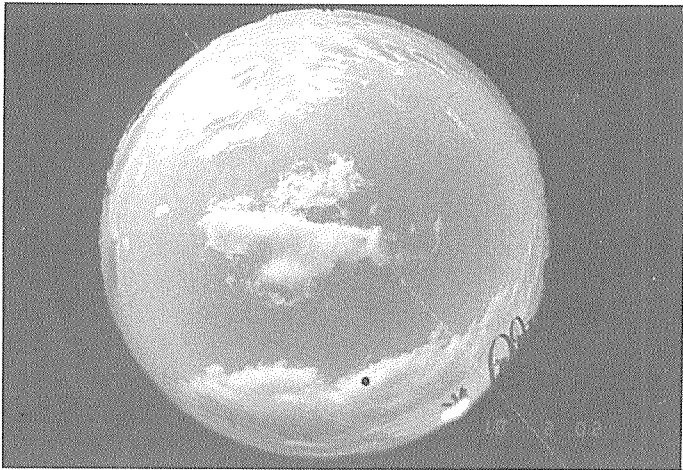
경희대학교 부교수 공학박사  
by Kim, Jeong-Tai



①

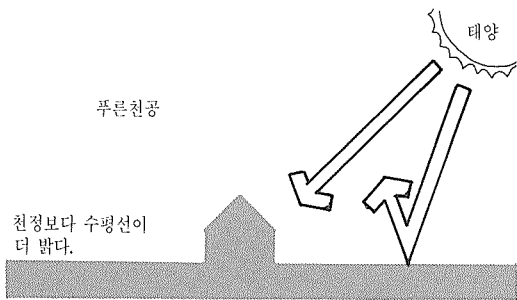


②

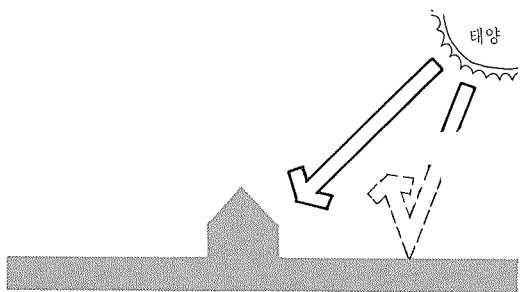


③

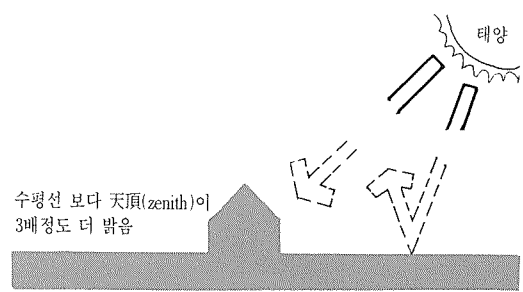
- ① <사진 1> 답천공(구름에 의하여 태양이 완전히 가려져 있다.)
- ② <사진 2> 청천공(천공에 구름이 보이지 않는다.)
- ③ <사진 3> 부분담(천공에 부분적으로 구름이 나타나 있다.)
- ④ ⑤ ⑥ <그림 1> 천공의 종류
  - (a) 청천공(태양이 강렬한 직사광선
  - (a) 청천공(태양이 강렬한 직사광과 천공의 확산광이 생김)
  - (b) 부분 답천공(강렬한 확산광이 항상 변함)
  - (c) 답천공(확산광이 생김)



④ (a)



⑤ (b)



⑥ (c)

채광의 光源은 태양이다. 그러나, 태양으로부터의 直射日光(Direct Sunlight)은 변동이 심하고, 광원으로서는 직접 이용될 수 없을 뿐만 아니라 유해한 경우가 많다. 따라서, 채광 계획에서는 원칙적으로 직사일광을 차폐하고, 다음과 같은 天空光(Sky Light)을 광원으로 한다.

갠 날에 태양으로부터 방사되어 지구에 도달한 빛의 대부분은 직사일광으로서 지표면에 도달하지만, 그 일부는 대기층에서 산란 또는 흡수된다. 산란된 빛의 일부는 직접, 또는 산란을 반복해서 지표면에 도달한다. 이것을 晴天光이라 한다. 흐린 날일 때 빛은 구름에서 확산 투과 또는 반사되어 지표면에 도달한다. 이 중에는 지표면에서 반사되어 다시 구름에서 반사된 빛이 있는데, 이것을 曇天光이라 한다. 청공광과 담천광을 합하여 天空光이라 한다. 또한 직사일광과 천공광을 합하여 양광(Daylight)이라 한다.

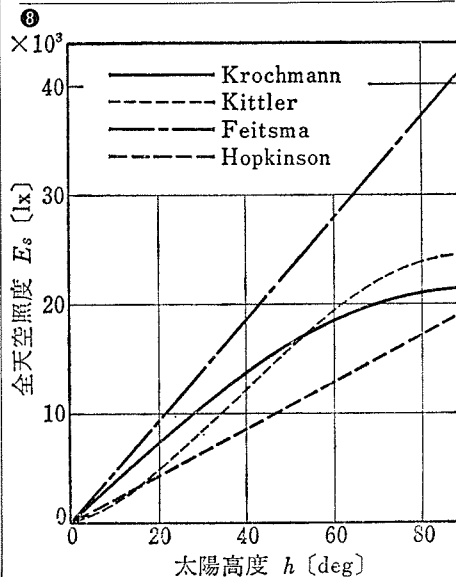
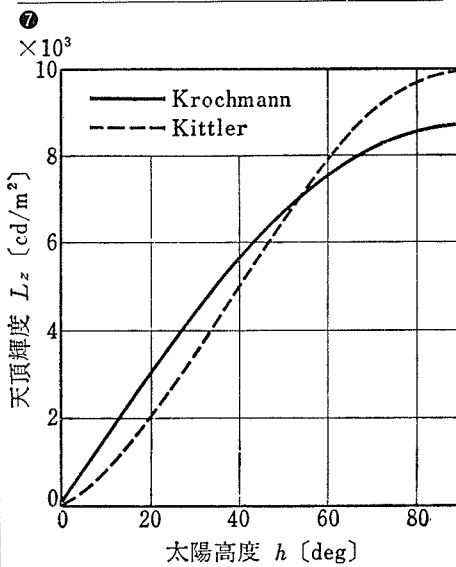
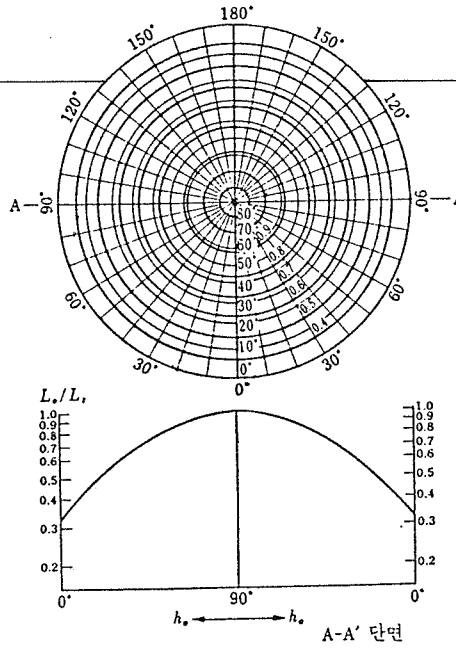
### 3. 표준천공상태

天空은 均等擴散面이라 볼 수 있으나, 輝度는 균일하지 않다. 따라서, 채광 설계를 위해서는 천공의 휘도 분포를 알아야 한다. CIE에서는 짙은 담천공의 휘도 분포 표준으로서 1955년에 CIE標準曇天공을 청천공의 휘도 분포 표준으로서는 1973년에 CIE標準晴天공을 제안하고 있다. 이들은 어느 것이나 대상이 되는 천공부분 즉, 천공요소의 휘도를 천정의 휘도에 대한 비로 표시하므로, 천정의 휘도를 별도로 구하지 않으면 안 된다. 천정의 휘도에 관해서는 각각에 관해서 여러 가지 제안이 있으나 그 표준이 확립되어 있지 않다.

천공의 휘도 분포에 의해서 조도를 계산할 수가 있다. 천공광의 입사를 방해하는 것이 전혀 존재하지 않을 때, 천정에서 지평까지의 全天空으로부터의 빛에 의한 수평면 조도를 全天空照度라 한다. 전천공 조도는 채광 계산의 주요한 기초 자료이다.

CIE 표준 담천공에서는 천정의 휘도를  $L_z$  天空要素의 휘도를  $L_0$ , 高度를  $h$ 로 하고, 다음 식으로 휘도의 분포를 표시한다. 이것을 그림으로 표시하면 (그림2)와 같이 된다.

$$\frac{L_0}{L_z} = \frac{1+2 \cdot \sin h_0}{3}$$



- ⑦ (그림2) CIE 표준 담천공
- ⑧ (그림3) 曇天공의 天頂輝度
- ⑨ (그림4) 曇天공에 의한 全天空照度

이 담천공에 의한 전천공 조도  $E_s$ 는 다음 식과 같이 된다.

$$E_s = \frac{7}{9} \cdot \pi \cdot L_z (lx)$$

天頂의 輝度에 관해서 Kittler의 案은 (식3)과 같으며, 이것을 사용해서 전천공 조도를 구하면 (식4)와 같이 된다. 이때  $h$ 는 태양의 고도이다.

$$L_z = 3990 \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \sin h\right) \cdot \sin h (cd/m^2) \quad (3)$$

$$E_s = 9750 \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \sin h\right) \cdot \sin h (lx) \quad (4)$$

이것을 다른 案과 함께 표시한 것이 (그림3)과 (그림4)이다.

CIE 표준 청천공에서는 천공 요소의 휘도를  $L_0$ , 천정 거리를  $z$  ( $z = \cdot / 2 - h_0$ ), 태양과의 角距離를  $\Upsilon$ , 태양과 천공 요소의 方位線이 만드는 각을  $\alpha$ , 태양의 천정 거리를  $z$  ( $z = \cdot / 2 - h$ )로 하고, 태양광선의 대기 중에서 산란 특성을 표시하는  $\Upsilon$ 의 함수 즉, 標準擴散 인디카트릭스  $f(\Upsilon)$ 와  $\cdot$ 의 함수  $\phi(\cdot)$ 에 의해서 휘도의 분포를 다음 식으로 표시한다.

$$\frac{L_0}{L_z} = \frac{f(\Upsilon)}{f(z)} \cdot \frac{\phi(\zeta)}{\phi(0)}$$

(그림5)는  $f(\Upsilon)f(z)\phi(\zeta)\phi(0)$ 을 구하기 위한 그림이다. 또 이 식에 의한 청천공 휘도 분포의 예는 (그림6)에 표시되어 있다.

Linke의 혼탁 인자 2.25부터 3.25의 대기에 관한 晴天공의 天頂輝度에 관하여 Kittler는 다음 식을 제안하고 있다.

$$L_z = 300 = 3000 \cdot \tan h (cd/m^2)$$

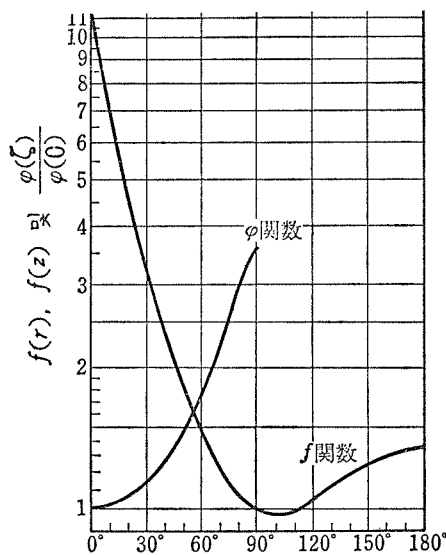
(그림7)은 晴天공의 전천공 조도를 태양 고도에 의해서 대기 투과율별로 표시한 것으로, 대기 투과율이 크게 되면 대기 중에서 산란되는 빛의 양이 감소하며 전천공 조도도 작게 된다. (그림8)은, 北1/4의 천공광에 의한 수평면 조도 측정값의 4배를 전천공 조도로 하여 일본에서의 年間 전천공 조도의 累積出現率을 구한 것이다.

#### 4. 非標準動的의 動的의 天空의 推定方法

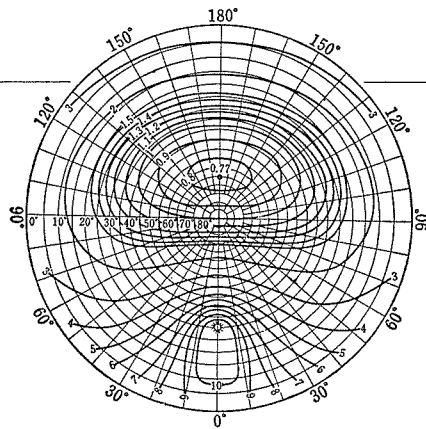
어떤 의미에서 標準天空은 큰 자산이라 할 수 있다. 天空輝度分布가 이미 알려지고 공인된 경우에는 해당지역의 천공상태를 고려하지 않고도 자연채광의 설계대안들을 비교할 수 있기 때문이다. 그렇지 않을 경우, 각 설계안의 일별, 계절별 성능을 평가하기 위해서는 보다 융통성있는 천공표시방법이 필요하게 된다. 動的의 天空모델(Dynamic Sky Model)의 개념은 바로 이러한 융통성을 갖고 있다.

천공의 動的의 特性에 대해서는 여러 조사자들이 제안한 모델이 있다. 晝光의 年間 有用性(특정한 실외휘도가 나타나는 시간의 백분율)을 나타냄으로써, 옥외조도를 특정수준이상으로 표현하여 주광의 유용성을 시간과 관련시켜 이해시키기도 한다. (Taylor, 1983; Ruck, 1983; Hunt, 1977) 그러나 이러한 정보들은 단지 몇개 지역만을 대상으로 측정한 것이다. 이 때문에 熱的인 관점과 자연채광의 관점을 동시에 고려하여 에너지를 쉽게 해석할 수가 없다. 아직까지는 조명 디자이너들에게 있어서 이러한 접근을 하는데 가장 큰 취약점이 바로 천공휘도자료의 부족이다.

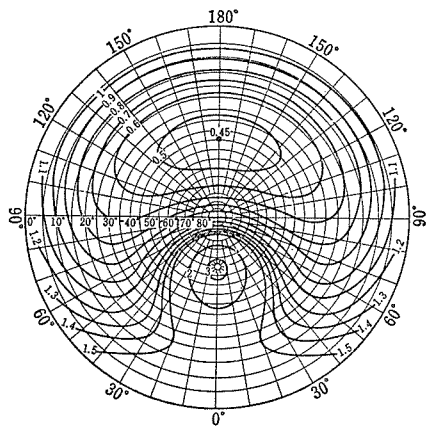
여기에 대한 한가지 대안으로서 비표준 천공용 천공휘도를 나타내는 방법이 있다. Littlefair(1981)는 많은 수의 천공을 측정하여 통계적으로 가중치를 줌으로써 평균천공휘도분포(Average Sky Luminance



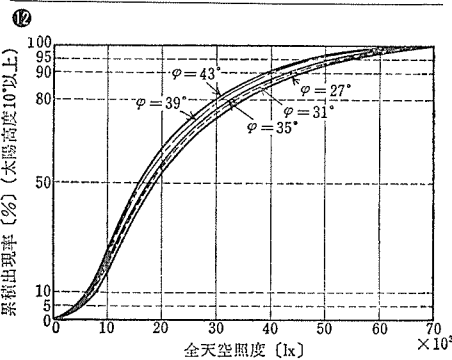
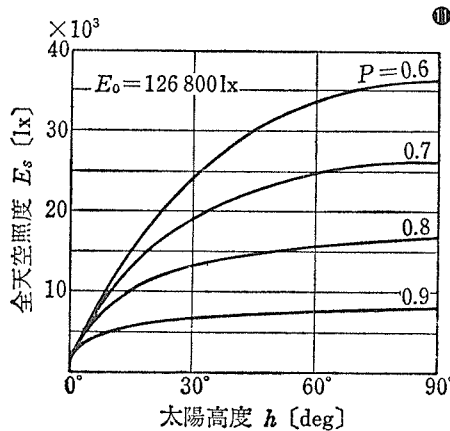
⑩



(a) 태양 고도가 30°일 때



(b) 태양 고도가 60°일 때



⑬

- ⑩ (그림5)  $f$  함수와  $\phi$  함수
- ⑪ (그림6) CIE 標準晴天天空의 輝度分布
- ⑫ (그림7) 晴天天空에 의한 全天空照度
- ⑬ (그림8) 全天空光에 의한 水平面照度の 累積出現率 推定値(伊藤・大野)

Distribution)라는 것을 제안하였는데, 그러나 이것이 표준천공모델보다 더 천공을 잘 나타내느냐에 대해서는 논쟁이 있다.

비슷한 성격으로서 Nakamura와 Oki(1983)는 평균천공(Mean Sky)을 제안하였는데, 이것은 청천공과 담천공사이의 중간정도 상태를 천공휘도로써 표현한 것이다. 또한 Pierpoint(1984)는 다양한 이론과 실험적으로 측정된 자료를 조합하여 부분담천공 휘도분포(Partly Cloud Sky Luminance Distribution)를 제안하기도 하였다.

그러나 이러한 천공휘도모델은 시간별 기후데이터 정보와 결합되지 못하고 있다. 따라서 이것들은 시간과 관련된 자연채광 성능을 고려하기에는 부족할 뿐만 아니라 열적문제와 자연채광해석을 통합시키지도 못하고 있다.

지난 10년간 건물의 에너지 성능을 추정하는데 사용되는 분석도구들은 많이 증가하였고 또 세련되었다. 건물의 에너지 성능을 평가하는데 컴퓨터를 광범위하게 사용하기 위해서는 보다 상세한 기후데이터가 요구되었다. 그 결과 북미의 많은 도시들에 대해서 特定時間別 氣候資料가 제시되었다. 이러한 기후데이터와 같은 정보들은 지난 25년동안 많이 증가되었지만, 아직도 자연채광용 정보들은 확실하게 기록되지 못하고 있다. 이러한 자료들은 현재 시간별 기후데이터의 일부인 일사량 자료로부터 추출되고 있다.

현재 가장 성공적으로 제안된 것은 일사량과 주광휘도의 상관관계를 나타낸 것이다. 문제는 이러한 상관관계들은 천공을 청천공이나 담천공일 경우로 가정한 것들로서 천공휘도분포는 전혀 고려되지 않았다는 점이다.

천공의 구름량은 천공의 휘도특성에 큰 영향을 미친다. 즉, 천공의 구름량은 직사일광뿐만 아니라 천공의 밝기 강도를 감소시킨다는 것(Dave, 1977; Dogniaux,

1975; Nagata, 1983)이 증명됨으로써 천공의 구름량을 고려한 동적 천공상태의 추정방법이 연구 되고 있다.

천공에 구름이 있으면 직사일광이 감소되어 천공의 휘도특성이 변화된다. 구름이 천공에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 全水平面의 日射量의 擴散比가 유용한 자료라는 것이 밝혀졌다. 이것은 구름比(Cloud Ratio:CR)라고 하는데 일사량 자료만 가지고도 천공의 구름상태를 결정할 수 있다. 예를 들면 만일 CR이 약 1.0이라면 천공은 담천공으로서, 천공이 확산일사라는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 CR이 약 0.1이라면 청천공임을 알 수 있다.

CR은 기존의 기상자료로부터 쉽게 얻을 수 있는데, CR은 천공의 구름량이나 혹은 천공의 대기투과 정도를 나타내는 데도 사용될 수 있다. 따라서 만일 유용한 기상자료가 있다면, CR로서 어느 순간의 대략적인 천공휘도를 나타낼 수 있다. CR은 시시각각 변하는 천공상태를 연속적으로 측정해야하므로 다음 두가지 중요한 사실을 알 수 있다.

- ①시시각각 변하는 천공의 다양한 구름정도를 알 수 있으므로 動的 天空狀態를 알 수 있다.
- ②CR은 넓은 범위의 기상 상태에 대하여 대기의 減少測定單位로서 사용가능하다.

따라서 CR은 천공의 구름량을 측정하는데 사용할 수 있으므로 CR은 실제의 천공분포를 완전한 천공모델로 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

그러나 이러한 천공표현방법에는 다음과 같은 가정이 있음을 알아야 한다.

- ①천공은 동일하다. 즉 전체 천공에 나타난 구름층은 동일하다는 가정이다.
- ②천공은 等方性이다. 즉 천공은 모든 방향으로 항상 동일한 물리적 특성을 갖고 있다는 가정이다.

따라서 맑고 푸른 천공에 나타나는 불규칙한 구름은 위의 두 가정에 적합하지 않은 것이 된다. 그러나 이러한 순간적인 상태의 천공휘도분포는 사실상 명확하게 표현하기 어려워 상세하게 취급하기에는 정당성이 부족하다(Dave, 1977)

만일 이러한 제한적인 가정 요소들을 받아들인다면, 연속적으로 변하는 동적천공상태를 나타낼 수 있으며 시간별 천공휘도도 나타낼 수 있다. 이 점에서

현재 가장 성공적으로 제안된 것은 일사량과 주광휘도의 상관관계를 나타낸 것이다. 문제는 이러한 상관관계들은 천공을 청천공이나 담천공일 경우로 가정 한 것들로서 천공휘도분포는 전혀 고려 되지 않았다는 점이다.

천공의 구름량은 천공의 휘도특성에 큰 영향을 미친다. 즉, 천공의 구름량은 직사일광 뿐만 아니라 천공의 밝기 강도를 감소시킨다는 것이 증명됨으로써 천공의 구름량을 고려한 동적 천공상태의 추정방법이 연구되고 있다.

CR만이 구름량을 측정하는데 유용한 방법이라고 할 수 없다. Dogniaux(1975)는 Linke의 混濁因子를 大氣減少指數로서 제안하였다. 반면에 Nagata(1983)는 대기의 직접투과율 제안하였다.

사실 Linke의 혼탁도와 Nagata의 대기투과율은 천공의 청정도를 측정하는데는 유효하지만, 구름이 있는 천공에서는 사용하기 곤란하다. 왜냐하면 이것은 단지 태양에 대해 수직으로 측정하였을 뿐 태양이외의 나머지 천공부분에 대해서는 민감하지 못하기 때문이다. 따라서 이것들을 기존의 기상자료로부터 직접 얻을 수 있는 것이 아니기 때문에 응용할 때에는 엄격한 제한이 필요하다.

### 5. 서광조도와 서광 유용성

그동안의 연구에 의하면 시간별 서광조도는 시간별 기후데이터로부터 보통 두가지 방법으로 구할 수 있다.

- ①태양고도와 천공상태(청천공, 담천공)를 수평조도 및 수직평조도와 상관관계시키는 것이다(Gillette와 Pierpoint, 1984; Kimball과 Hand, 1922) 그러나 이러한 상관관계는 우리들이 시간에 따라 느끼는 천공의 구름량을 연속적으로 가정하지 못하고 있다.
- ②보다 직접적인 수법은 發光效率(luminous efficacy) 어프로치를 이용하여 조도를 太陽放射束과 상관관계시키는 것이다. 즉 자연채광에 응용하기 위해서, 光效率를 光束(luminous flux)과 방사광속의 비로 정의하는 것이다.

NBS(National Bureau of Standards)에서 수년간 시간별로 천공을 측정한 결과 주광의 발광효율은 CR과 비슷한 상수를 갖고, CR의 영향을 받을 뿐만 아니라 대기 감소량의 영향도 약간 받는 것으로 나타났다(Gillette와 Treado, 1985).

천공휘도의 추정은 이보다 약간 더 복잡하다. Gillette(1983)는 항상 변하는 천공을 변수로서 고려하기 위하여 연속적인 상태기법을 고안하였다. 여기서는 구름비에 따라서 두가지 천공상태사이의 평균값을 시간별로 구하였다.

천천공과 담천공상태의 휘도값을 標準天空方程式과 晴天輝度率로부터 구하는 방법도 문헌고찰을 기준으로 제안되고 있다. 아마도 천공의 휘도분포를 정확하게 시간별로 제안하는 것은 매우 어려울지도 모르지만 動的 非標準 天空(Dynamic Nonstandard Sky)상태를 수치로서 표현하고자 하는 노력은 계속되고 있다.

1980년 이전에 영국에서 자연채광 계산용으로 가장 많이 사용된 데이터는 NPL(National Physical Laboratory)에서 측정한 1933-1939년 사이의 런던 테딩론지역 자료였다. 이 자료는 IES의 "Technical Report NO.4: Daytime Lighting in Buildings"(1972)에 요약되어 있다.

그러나 이 자료가 만들어진 이후, 1956년 Clear Air Act때문에 특히 런던 內州部地域의 대기조건은 변하였다. 예를 들면 런던 도심부에 있어서 12월 한달동안 평균적으로 밝게 해가 비치는 시간은 1958-1967년사이의 값이 1931-1960년 사이의 값보다 평균 75%나 증가하였다고 Jenkins(1969)는 밝혔다. 비록 런던의 外州部와 시골지역은 런던 內州部만큼 증가하지는 않았지만, 12월 이외의 달(月)을 고려할 때, 이 자료는 디자이너에게 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

따라서 보다 실제 상황에서 나타나는 천공자료를 제시한 것이 Hunt(1979)이다. 이것은 1964-1973년사이의 10년 동안 Kew와 Bracknell지역에서 나타난 옥외 총조도(태양과 천공으로 인한 빛)와 擴散水平照度(천공만에 의한 빛)를 구한 것이다. 1977년말까지 영국에서 실외 총조도는 Lerwick 등 6개 지역의 값이 측정되었지만, 확산조도는 바로 위의 2개 도시

뿐이었다.

이 자료는 특히  
 작업시간(09:00-17:00)을 대상으로  
 다양한 자료들을 그래프와 표로서  
 나타내었는데, 다음과 같은 내용이 포함되어  
 있다.

- ① 10년 동안 매일 측정된 시간별 조도값
- ② 이 조도값은 1분간격으로 60번 측정하여  
 계산하였음
- ③ 매일의 24시간 값을 수집하여,  
 월·일·시간별로 나타나는 각 조도값을 빈도수  
 표로서 나타내었다.

이 표를 이용하면 다음과 같이 자연채광이  
 성능을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다.

- ① 특정한 조도값이 발생하는 빈도수를 알므로  
 인공조명시의 수동조절 시스템을 예측할 수  
 있다(Hunt, 1979)
- ② 특정한 조도값이 초과적으로 발생하는  
 빈도수를 알므로 인공조명시 光電點減裝置로  
 인한 에너지 절감율을 예측할 수  
 있다(Hunt, 1977).

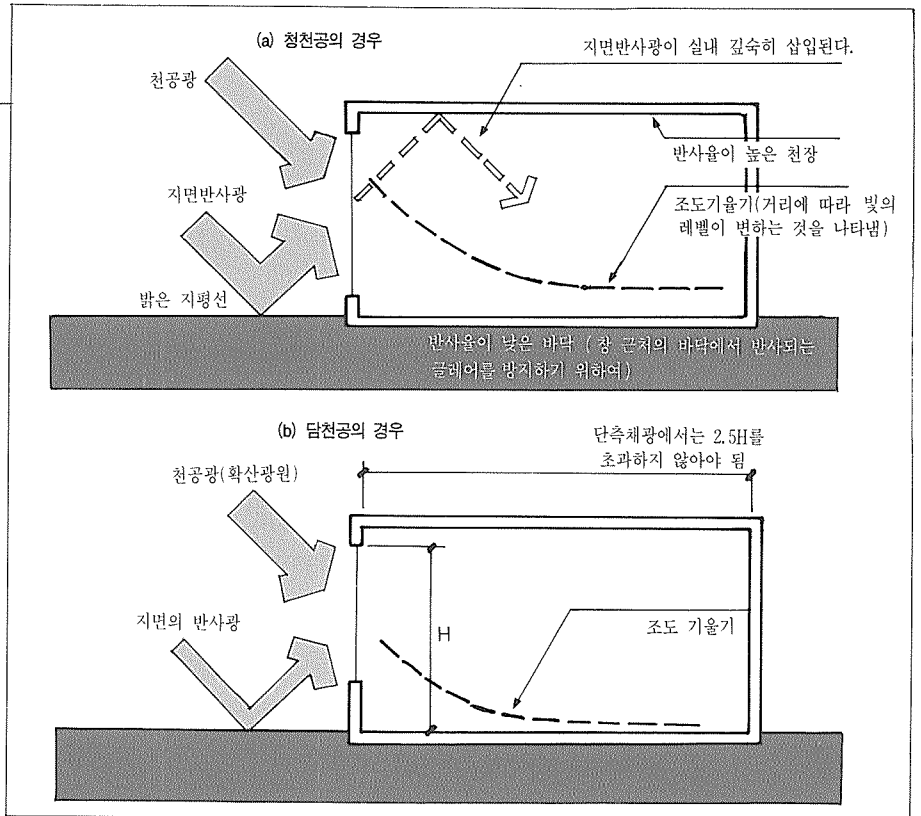
- ③ 누적 Kiloluxhours를 알므로  
 광전점감장치로 인한 에너지 절약량을  
 예측할 수 있다(Crisp, 1980, 1983).

그 동안 영국에서 사용한 방법들은  
 천공모델상태를 이론적으로 계산하거나, 혹은  
 태양고도, 일사량 및 다른 기상요소들 조도와  
 관련시켜 통계적인 관계식을 유도하는  
 것들로서 다음과 같은 연구들이 진행되었다.

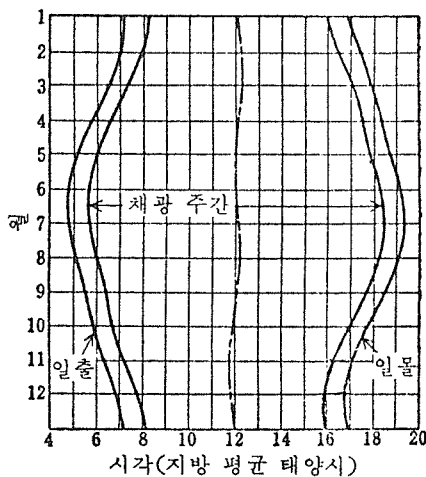
- ① 대기모델(청천공)의 계산(Blackwell,  
 Eldridge 및 Robinson, 1954)
- ② 구름량과 조도와의 관계를  
 모델화(Tregenza, 1980)
- ③ 태양고도와 조도와의 관계(Hopkinson,  
 Peterbridge 및 Longmore, 1966; Littlefair,  
 1981; Crisp와 Lynes, 1980)
- ④ 태양방사와 발광효율(Atkins와 Poole,  
 1936; Blackwell, 1953, 1954, 1966)
- ⑤ 일사량과 조도와의 관계(Taylor와 Smith,  
 1961)
- ⑥ 다른 기상요소와 조도와의 관계(Atkins등,  
 1947, 1951, 1952; Taylor와 Smith, 1961)

### 6. 천공상태와 채광방식

주광은 일별, 계절별 변화 같이 예측할 수  
 있는 것과 구름층, 대기오염 및 기타 기후변화  
 등과 같이 예측할 수 없는 패턴이 있다.



⑭ (그림 9) 천공상태와 채광방식  
 ⑮ (그림 10) 採光晝間(복위35)



⑯

그러나 천공상태(청천공, 담천공)에 따라  
 채광방식에 바뀌는 것을 많은 경우에 볼 수  
 있다.

청천공(구름층이 30미만)은 건축공간에  
 촛점, 음영 및 질감의 형태를 잘 표현할 수  
 있다. 또한 청천공일 경우 지평성 부분은  
 천정보다 약 12배 정도 더 밝다. 따라서  
 주광을 실내 깊숙히 유입시키기 위해서는  
 고창개구부와 같은 측창채광을 이용하는 것이  
 바람직하다.

담천공(구름층이 100%로서 태양이 보이지  
 않음)은 지평성 부분보다 천정이 3배정도 더  
 밝다. 따라서 담천공이 빈번하게 나타나는  
 지역에서는 주광을 실내에 효과적으로  
 유입·분포시키기 위해서는 천창채광(예: 천창,  
 정측창)을 이용하는 것이 좋다.

이러한 것에 대한 자연채광의 설계 예와  
 설계수법에 대해서는 "Natural Light, AIA  
 Journal, September 1979, pp. 49-93"를  
 참조하길 바란다.

### 7. 자연채광 설계용 전천공조도

채광계획의 광원이 되는 천공의 휘도는  
 계절이나 시간, 天候등에 따라 계속 변동한다.  
 이에 따라 실내의 빛의 상태도 계속해서  
 변화하므로, 빛의 량과 그 분포를 계산할 때는  
 설계용 기준조도가 필요하다.

일출이나 일몰 전후의 태양고도가 낮을 때는 천공 휘도가 작게 되어 광원으로서 적당하지 않다. 일반적으로 태양의 고도가 10° 이상인 천공을 채광에 유효하다고 보고, 그 시간대를 채광시간이 한다. (그림10)은 북위 35°의 채광시간이다. 실제의 채광 계획에서는 건물의 용도나 사용 시간대, 사용빈도 등도 합하여 채광을 필요로 하는 시간대를 결정할 필요가 있다.

채광설계의 기본개념은 옥외의 최저조도에 대하여 실내에 필요한 최저조도를 얻을 수 있도록 계획하는 것이다. 따라서 그 최저값을 얼마로 하느냐가 큰 과제이며, 주광조명에서 가장 어려운 것은 바로 이 문제이다.

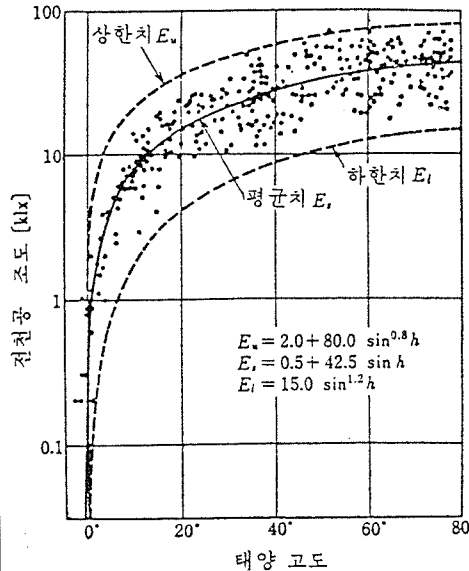
옥외의 전천공조도는 시간에 따라 변하기 때문에 설계기준은 통계적인 근거에 의한다. 조명의 목적과 허용조건에 따라 10번째 또는 15번째 퍼센타일(Percentile)의 조도가 설계기준으로 사용된다. 그 이유는 이 값이 주광조명시간의 90% 또는 85%를 초과하므로 이 시간 동안의 자연광으로서 충분하다고 보기 때문이다. 너무 지나치면, 네거티브 조절(커튼이나 블라인드의 사용)이 필요하며 나머지 10% 또는 15%의 시간을 위해 건물내에 충분한 주광을 제공하자면, 다른 관점(열손실 또는 태양열 획득)에서 볼때 과도한 창면적이 필요하게 된다. 사실 10%나 15%의 시간은 행동적응이나 전기조명으로 대체하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

(그림11)은 한 지역의 각종 천공 상태에 대하여 실측치와 세계각지에서 연구 결과에 의해 태양 고도의 함수로서의 전천공 조도의 상한치와 하한치 및 평균치를 추정한 것이다. (그림12)는 1일의 작업 시간을 8시간으로 했을 때의 전천공 조도의 연간 출현 빈도를 나타낸 것으로 (그림11)에 표시한 상한치, 하한치, 평균치에 의해 작성된 것이다.

(표1)을 볼때 우리나라의 경우 어느 것을 설계용 全天空照度로 채택하느냐는 설계자의 의도에 달려 있으나 일반적으로 5,000~8,000lx 정도가 직감적으로 적당하다는 생각이 든다. 최근 일본건축학회에서 규정한 자연채광설계용 전천공조도의 기준은 (표2)와 같다.

## 8. 맺는말

천공상태를 자연채광 설계용으로 추정하는



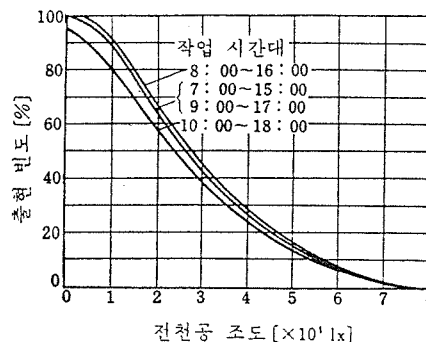
16

(표1) 지역별 자연 채광 설계용 전천공조도

지역	위도	조도(klx)
런던	52	5,000
하바트	43	5,500
멜보른	38	7,000
시드니	33	8,000
부리스베인	27	10,000
다윈	12	15,000
나이로비	1	18,000

(표2) 설계용 전천공조도(1x)

특히 밝은날(구름이 많은 청천)	50,000
밝은날	30,000
보통날	15,000
어두운 날	5,000
매우 어두운 날(눈오는 날)	2,000
쾌청한 천공	10,000



17

자연채광에서 주광률이나 에너지 영향을 평가하기 위해서는 보다 융통성있는 천공모델이 요구된다. 그 동안의 연구에 의하면 일사량을 주광조도 및 천공휘도와 상관시킴으로써 천공의 시간별 경향을 추출할 수 있음이 밝혀졌다. 즉, 현재 이용가능한 시간별 기상자료를 이용하여 일사량을 주광조도와 상관시킬 때 가장 성공적인 결론이 나타났다.

16 (그림 11) 전천공 조도의 상한치·하한치 및 평균치

17 (그림 12) 전천공 조도의 출현빈도 (북위 35°, 동경 135°)

데에는 여러가지 방법이 있다. 초기 디자인단계에서는 CIE에서 표준화한 정적 천공(Static Sky; CIE담천공)상태가 극단적인 천공상태를 표현하는데 사용할 수 있다.

이러한 표준휘광분포는 실제의 천공상태를 일반화한 것은 아니지만 일반천공상태를 어느정도 완전하게 대표한 것으로서, 動的인 자연천공상태를 고려하지 않고도 자연채광의 설계대안들을 비교하는 수단으로서 사용할 수 있다.

그러나 천공은 靜的光源이 아니라 시간에 따라 動的으로 변하고 있다. 따라서 자연채광에서 주광률이나 에너지 영향을 평가하기 위해서는 보다 융통성있는 천공모델이 요구된다. 그 동안의 연구에 의하면 일사량을 주광조도 및 천공휘도와 상관시킴으로써 천공의 시간별 경향을 추출할 수 있음이 밝혀졌다. 즉, 현재 이용가능한 시간별 기상자료를 이용하여 일사량을 주광조도와 상관시킬 때 가장 성공적인 결론이 나타났다. 또한, 구름량을 측정하여 CR의 타당성을 확인한 결과 CR과 천공의 저하되는 높은 상관관계가 있다는 것이 밝혀져 천공의 휘도를 평가하는데 Crdms

성공적인 방법으로 평가되고 있다.

지난 10여년간 부분 담천공과 중간천공이 지니고 있는 여러가지 문제들을 해결하기 위하여 많은 관심들이 집중되어 왔다. 여러 연구자들이 이러한 천공상태의 휘분포를 제안하였지만 이러한 非靜的 天空狀態를 하나의 간단한 모델로서 실제상황을 묘사한다는 것은 아직까지 어려운 일이다. 그러나 비표준 천공과 동적 천공상태를

추정하는 방법들은 계속적으로 연구되어 현재는 이러한 動的 天空狀態를 다루는 수단이 보다 현실적으로 접근되고 있다. 우리나라의 경우 아직 自然採光 設計用 天空狀態의 추정에 대해서는 거의 연구가 되지 않아 주광율의 평가나 자연채광이 에너지 절약에 미치는 영향등을 평가하는데 어려움이 많으므로 이에 관한 연구가 시급하게 요청되고 있다.

#### 참고문헌

1. IES Lighting Handbook, Reference Volume, The Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1981.
2. Taylor, S.M., "Regional Variations of Daylight Availability... A Review of Measured Data and Estimating Methods", Lighting Research and Technology, Vol.15, NO.3, pp.151-156, 1983.
3. Ruck, N.C., "Daylight Climate in Australia" International Commission on Illumination(CIE), 20th Session, Amsterdam, August 31-September 8, 1983.
4. Hunt, D.R.G., "Simple Expressions for Predicting Energy Savings from Photoelectric Control of Lighting", Lighting Research and Technology, 9(2), pp.93-102. 1977(Also BRE Current Paper CP32/77.)
5. Littlefair, P.J., "The Luminance Distribution of an Average Sky" Lighting Research and Technology, Vol.13. No.4, pp.192-198, 1981.
6. Nakamura, H. and Oki, M., "Composition of Mean Sky and Its Application to Daylight Prediction" International Commission on Illumination(CIE), 20th Session, Amsterdam, August 31-September 8, 1983.
7. Pierpoint, W., "A Simple Model for Daylighting Conference, Phoenix, February 1984.
8. Dave, J.V. "Validity of the Isotropic Distribution Approximation in Solar Energy Estimation" Solar Energy, Vol.19, pp.331-333, 1977.
9. Dogniaux, R., "The Availability of Daylight", CIE Technical Report NR, Prepared for the Daylighting Committee of the International Commission on Illumination(CIE), 1975.
10. Nagata, A., "Luminance Distribution of Clear Sky and the Resultant Horizontal Illuminance", International Daylighting Conference, Phoenix, February, 1983.
11. Gillette, G., Pierpoint, W, and Treado, S., "A General Illuminance Model for Daylighting Availability", Journal of Illuminating Engineering Society, Vol. 13. No.4 pp. 330-339, July 1984.
12. Kimball, H.H. and Hald, I.F., "Daylight Illumination on Horizontal, Vertical and Sloping Surfaces", Monthly Weather Review, Vol.50, No. 12, pp.615-628 December 1922.
13. Gillette, G. and Treado, S., "Correlations of Solar Irradiance and Daylight Illuminance for Building Energy Analysis", presented at the ASHRAE Semi-Annual Conference, Chicago, January 1985.
14. Gillette, G., A Daylighting Model for Building Energy Simulation, NBS Building Science Series 152, National Bureau of Standard, March 1983.
15. McDermott, L.H. and Gordon-Smith, G.W., "Daylight Illumination Recorded at Teddington", Proceedings of the Building Research Congress, Division 3, Part III, pp 156-161, 1951.
16. Illuminating Engineering Society. "Daytime Lighting in Building". IES Technical Report No. 4. London, IES, 2nd Edition, July 1972.
17. Jeckins I. "Increase in Averages of Sunshine in Greater London", Weather, 26, pp.52-54, 1969.
18. Hunt, D.R.G. "Availability of Daylight", Building Research Establishment Current Paper, Garston, Bre, 1979.
19. Hunt D.R.G., "Improved Daylight Data for Predicting Energy Saving From Photoelectric Controls", Lighting Research and Technology, 11(1), 1979.
20. CRISP, V.H.C. Photoelectric Control of Light... Case Studies. Proc CICC Conf Experience of Energy Conservation in Buildings; Nottingham, 1980.
21. CRISP, V.H.C. "Lighting Controls to save Energy", International Lighting Review, 34(1)16-21, 1983.
22. Blackwell, M.J., Eldridge, R.H. and Robinson, G.D., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No.894, 1983.
23. Tregenza, P.R., Lighting Research and Technology, 12(3) pp. 121-128, 1980.
24. Hopkinson, R.G., Petheridge, P. and Longmore, J., Daylighting Heinemann, 1966.
25. Crisp, V.H.C. and Lynes, J.A., Proceeding CIBS National Lighting Conf. Canterbury 1980.
26. Atkins, W.R.G. and Poole, H.H. Proc. Roy. Soc. Series B 121, pp1-17, 1936.
27. Blackwell, M.J., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No.831, 1953.
28. Blackwell, M.J., Air Min. Met. Res. Cttee. M.R.P. No.895, 1954.
29. Blackwell, M.J. Proc. Brit. Ecological Soc., Symp. No.6. 1965 (Blackwell Scientific Publications, Oxford), 1966.
30. Taylor, S.M. and Smith, L.P., Met. Mag. 90, pp289-294 1961.
31. Atkins, W.R.G. and Ellison, M.A., Proc. Roy. Soc. Series A 191, pp.467-484 1947.
32. Atkins, W.R.G. Q.J.R. Met Soc. 77, pp.659-662 1951.
33. Atkins, W.R.G. and Jenkins, P.G., Q.J.R. Met. Soc. 78, pp.70-75, 1947.
34. Kinsbury, H.L., Anderson, H.H. and Bizzaro, V.U., "Availability of Daylight" Illuminating Engineering, pp.77-85, February 1957.
35. Gillette, G. and Treado, S., "The Issue of Sky Conditions", Lighting Design and Applications, pp.23-27. March 1985.
36. 金正泰, "建築十照明", 技文堂, 1984.
37. 李環會, "建築環境計劃", 文運堂, 1987.